

Irena SVATOŠOVÁ¹

OVĚŘOVÁNÍ PŘEDPOKLÁDANÝCH VYBRANÝCH MIKROKLIMATICKÝCH
VLASTNOSTÍ DŘEVOSTAVEB V PRAXI

VERIFICATION OF CALCULATED SELECTED MICROCLIMATIC AIR QUALITY
AT TIMBER HOUSES IN REALITY

Abstrakt

V článku jsou popisovány výsledky výzkumu zvolených mikroklimatických hodnot (vnitřní teplota, vlhkost vnitřního vzduchu) u vybraných dřevostaveb. Výzkum byl prováděn jako podklad disertační práce autorky článku.

Klíčová slova

Mikroklima budov, vnitřní teplota vzduchu, vlhkost vnitřního vzduchu.

Abstract

In the article are described research results of the elected microclimatic values (internal air temperature, internal air humidity) at representative timber houses. The research was done as base for dissertation work of authoress article.

Keywords

Microclimate of building, internal air temperature, internal air humidity.

1 ÚVOD

Norma [1] stanoví normové požadavky na návrhovou vnitřní teplotu v zimním období Θ_i v ($^{\circ}\text{C}$) viz [4] (obdobně i [2], kde je hodnota $\Theta_{int,i}$ nazývána: výpočtová vnitřní teplota) a relativní vlhkost vnitřního vzduchu ϕ_i (%). Cílem výzkumu bylo zjistit, zda jsou tyto normové hodnoty v praxi v bytových objektech dodržovány. Praktický výzkum byl prováděn v období listopad 2008 až březen 2009.

- Oblast výzkumu:

Území Moravskoslezského kraje.

- Vybrané objekty.

Rozhodujícími kritérii pro výběr objektů byly:

Různost dřevěných konstrukcí - bylo měřeno celkem 6 objektů, zahrnujících 3 typy technologických systémů – OSB, sloupkový sendvič, srubová konstrukce a laťový sloupkový systém.

Poloha staveb dle nadmořské výšky - pro účely práce byly vytipovány objekty v nadmořských výškách 210, 260, 322 a 446 m.n.m.

¹ Ing. Irena Svatošová, Ph.D., Katedra prostředí staveb a TZB, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321365, e-mail: irena.svatosova@vsb.cz.

Druh zástavby - lokality byly vybírány s ohledem na umístění zájmového objektu. 2 objekty samostatně stojící, 2 objekty uvnitř zástavby, 2 objekty na okraji zástavby.

- Volba způsobu měření mikroklimatických údajů.
- 1) Pro zjištění a porovnání základních mikroklimatických podmínek byly v zájmových objektech měřeny teploty vnitřního vzduchu a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu. Měření probíhalo 2 měřicími přístroji. První, který měřil nepřetržitě ve zvolených desetiminutových intervalech, byl umístěn v místnosti s největším provozem. Většinou šlo o obývací pokoj spojený s kuchyní a zaznamenávání měřených hodnot probíhalo po dobu minimálně 24 hodin.
 - 2) Aby bylo dosaženo co největší objektivnosti v měření teplot vnitřního vzduchu a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu celého objektu, byly vytipované další místnosti jednotlivých měřených dřevostaveb – v našem případě ložnice, dětský pokoj a koupelna.
 - 3) V nich byly měřeny teplota vnitřního vzduchu a relativní vlhkost vzduchu v místnosti druhým přístrojem v předem stanovených časech: 18,00 hodin; před uložením ke spánku, ráno hned po probuzení a ve 12,00 hodin.

2 ZPŮSOB SBĚRU DAT

Sběr jednotlivých dat byl rozložen tak, aby každý objekt měl změřenou teplotu vnitřního vzduchu θ_{ai} (°C) a relativní vlhkost vnitřního vzduchu ϕ_i (%) pro průběh celého týdne ve vytápěcím období. Díky týdennímu měření byl získán screening chodu jednotlivých objektů jak během pracovních dnů, tak i o víkendu, kdy je provoz v objektu podstatně jiný a je různý podle způsobu života rodiny. Měření v zimním období v topné sezóně bylo zvoleno proto, že toto období má vliv na potřebu energie pro vytápění, v letním období se pobytové místnosti nevytápějí.

Hodnoty vnější teploty vzduchu, jeho relativní vlhkosti, směr větru a rychlost větru byly převzaty z údajů Českého hydrometeorologického ústavu ze stanic Lysá hora, Frenštát pod Radhoštěm, Mošnov a Ostrava – Poruba.

2.1 Přístroje použité pro měření

- 1) Kontinuální měření bylo prováděno přístrojem Datalogger univerzální ALMEMO 2690 – 8 s 1 kusem kombinovaného čidla pro měření teploty a vlhkosti vnitřního vzduchu sonda FHA 646 – E1. Teplotní rozsah je -20 až + 80 (°C) s rozlišením 0,1 (°C), vlhkostní rozsah je 5 až 98 (%) rH, rozlišení 0,1 (%), přesnost měření teplota $\pm 0,2$ (°C) ± 2 digity, vlhkost $<\pm 2$ (%) ± 1 digit.



Obr. 1: DatalogGer ALMEMO 2690-8

- 2) Bezkontaktní multifunkční přístroj měřící souběžně teplotu, vlhkost a tlak (termohygrobarometr) typ C4130. Rozsah provozních teplot $-10\text{ }(^{\circ}\text{C})$ až $+60\text{ }(^{\circ}\text{C})$, přesnost měření teploty $\pm 0,25\text{ }(^{\circ}\text{C})$ v rozsahu -50 až $+100\text{ }(^{\circ}\text{C})$, $\pm 0,5\text{ }(\%)$ z měřené hodnoty od 100 do 250 $(^{\circ}\text{C})$, přesnost měření vlhkosti $\pm 2,5\%$ relativní vlhkosti v rozsahu 5 až 95 $(\%)$ při 23 $(^{\circ}\text{C})$, rozlišení 0.1 $(\%)$.



Obr. 2: Termohygrobarometr C4130

2.2 Podmínky pro měření vybraných mikroklimatických údajů

- 1) Pro dané objekty vybrat charakteristické místnosti. Tento požadavek byl splněn.
- 2) Ve vybraných místnostech měřit teplotu vnitřního vzduchu θ_{ai} a relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ_i (viz grafy - dokladová část viz [5] str. 25 – 62) tak, že na jedno čidlo připadne nejvýše 30 (m^2) půdorysné plochy místnosti [2,3,6]. Splněno.
- 3) V obytných místnostech umístit čidlo do středu půdorysné plochy místnosti do výše 1,0 (m) nad nášlapnou vrstvu podlahy [2,3,6]. Požadavek byl při měření splněn.
- 4) Čidla teploty vzduchu musí být stíněná proti osálení. Splněno.
- 5) Požadovaná přesnost určení teploty vnitřního vzduchu je 0,25 (K). Splněno
- 6) Čidlo pro měření relativní vlhkosti vnitřního vzduchu φ_i se umísťuje za stejných podmínek jako čidlo pro měření teploty vnitřního vzduchu. Splněno.
- 7) Požadovaná přesnost stanovení relativní vlhkosti vnitřního vzduchu je 5%. Splněno.
- 8) Všechna čidla pro měření veličin vnitřního prostředí musí být stíněna proti přímému dopadu slunečního záření. Splněno.
- 9) Teplota vnějšího vzduchu θ_{ae} je měřena čidlem umístěným v meteorologické budce, případně v místě volného proudění vzduchu ve výšce přibližně 2 (m) nad terénem a čidlo

musí být stíněné proti přímému dopadu slunečního záření. Požadovaná přesnost stanovení teploty vnějšího vzduchu je 0,25 (K).

- 10) Relativní vlhkost vnějšího vzduchu φ_e se registruje. Čidlo je buď umístěné v meteorologické budce, popřípadě v místě měření teploty vnějšího vzduchu. Požadovaná přesnost stanovení relativní vlhkosti vnějšího vzduchu je 5%. Splněno HMÚ.

3 VSTUPNÍ PODKLADY PRO MĚŘENÍ VYBRANÝCH MIKROKLIMATICKÝCH ÚDAJŮ DŘEVOSTAVBA I – VI

- 1) Rozbor projektové dokumentace.
- 2) Tepelně technický průzkum budovy.

Rozbor projektové dokumentace a tepelně technický průzkum předmětného objektu s cílem definování vztažné části budovy a získání vlastních podkladů pro stanovení podmínek měření tj. charakteristického prostoru, vybraných místností pro umístění čidel, umístění měřicího zařízení a realizace měření.

Podstatou tepelně technického průzkumu je kontrola existence případných anomálií technických vlastností obvodového pláště, kontrole a porovnání skutečného stavu s projektovou dokumentací a ve zjištění omezujících podmínek pro provedení měření. Pokud dojde ke zjištění anomálií a závad, musí být posouzen jejich případný vliv na měření a následně se rozhodne o jejich odstranění nebo způsobu zahrnutí do vyhodnocení. Tepelně technický průzkum dřevostaveb nezjistil žádné závady, které by svým charakterem nevyhovely podmínkám pro měření.

3.1 Postup při měření vybraných mikroklimatických údajů dřevostaveb I – VI

- 1) Instalace měřicího zařízení.
- 2) Zapojení tepelného zdroje. Ve všech objektech bylo použito dvoutrubkové nízkoteplotní podlahové vytápění s nuceným oběhem.
- 3) Měření.

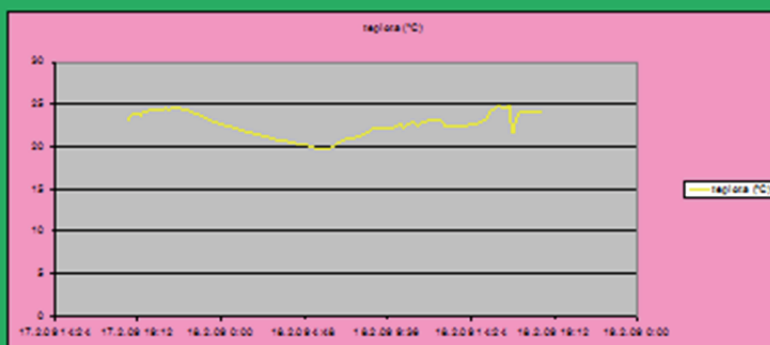
Vlastní měření probíhá za zvláštních, popř. provozních podmínkách. Měřicí intervaly měřených a registrovaných hodnot jsou pravidelné a řídí se požadavkem stanovení jejich průměrných denních hodnot. Měřicí interval teploty vnitřního vzduchu a výsledné teploty je nejvýše 1 (h). Další postup měření byl proveden dle kapitoly „Volba způsobu měření mikroklimatických údajů“, podrobně viz [5].

3.2 Vyhodnocení měření vybraných mikroklimatických údajů teploty vnitřního vzduchu θ_{ai} a relativní vlhkosti vzduchu φ_i

Každá dřevostavba má 2 typy grafického vyhodnocení A a B. První „A“ je vždy pro kontinuální měření zajišťované přístrojem Datalogger univerzální ALMEMO 2690 – 8 s 1 kusem kombinovaného čidla pro měření teploty a vlhkosti vnitřního vzduchu sonda FHA 646 – E1. Grafické vyhodnocení „B“ platí pro měření v určených časových intervalech bezkontaktním multifunkčním přístrojem měřícím souběžně teplotu, vlhkost a tlak (termohygrometr) typ C4130. Výsledky měření jsou zpracovány v grafech do přehledných tabulek uvedených v dokladové části [5].

UKÁZKA KONTINUÁLNÍHO MĚŘENÍ θ_{ai} (°C)

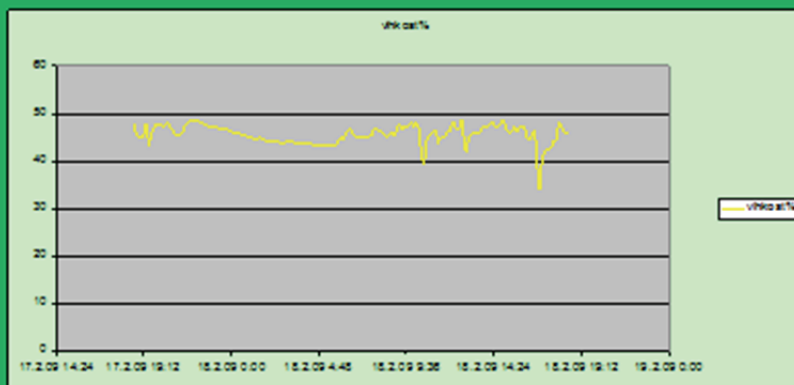
- ❏ IV.II a Kontinuální měření – závislost teploty vnitřního vzduchu na čase.
- ❏ 17.- 18. února 2009 (úterý, středa)
- ❏ Počátek měření 18,40 (hod.), konec měření 18,30 (hod.). Interval měření 10 minut.



Obr. 3: Kontinuální měření teploty vnitřního vzduchu θ_{ai}

UKÁZKA KONTINUÁLNÍHO MĚŘENÍ φ_i (%)

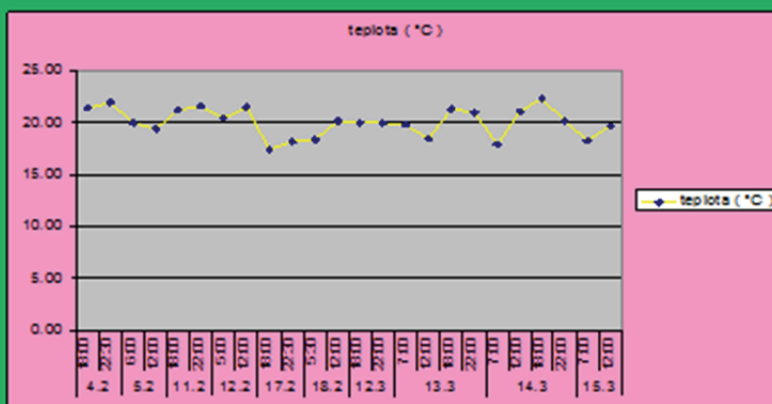
- ❏ IV:II b Kontinuální měření – závislost relativní vlhkosti vzduchu na čase.
- ❏ 17.- 18. února 2009 (úterý, středa)
- ❏ Počátek měření 18,40 (hod.), konec měření 18,30 (hod.). Interval měření 10 minut.



Obr. 4: Kontinuální měření relativní vlhkosti vnitřního vzduchu φ_i

UKÁZKA MĚŘENÍ V PŘEDEM URČENÝCH ČASOVÝCH INTERVALECH θ_{ai} (°C)

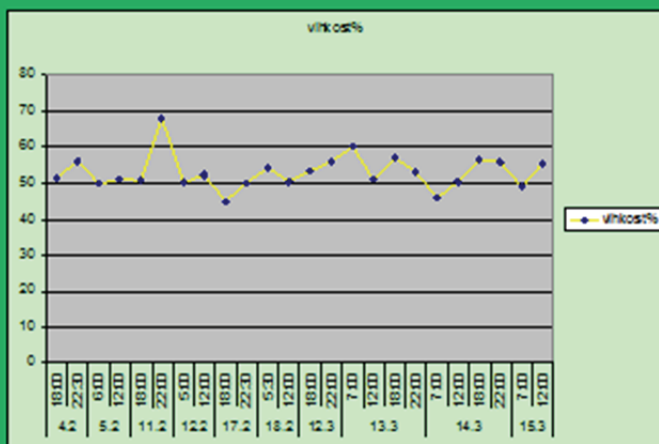
- IV.B Dřevostavba – sloupková sendvičová konstrukce A
- 11.2.- 12.2., 17.2.- 18.2., 12.2.- 15.3.2009 – ložnice, vnitřní teplota vzduchu



Obr. 5: Měření v předem určených časových intervalech teploty vnitřního vzduchu θ_{ai}

UKÁZKA MĚŘENÍ V PŘEDEM URČENÝCH ČASOVÝCH INTERVALECH φ_i (%)

- 11.2.- 2.2., 17.2.- 18.2., 12.2.- 15.3.2009 – ložnice, relativní vlhkost vnitřního vzduchu



Obr. 6: Měření v předem určených časových intervalech relativní vlhkosti vnitřního vzduchu φ_i

VYHODNOCENÍ KONTINUÁLNÍHO MĚŘENÍ

dřevostavba	kontinuální měření					
	teplota (°C)			vlhkost (%)		
	minimální	maximální	průměr	minimální	maximální	průměr
I	15,55	25,68	20,37	32,8	45,2	40,39
I	19,84	23,66	21,53	39	50	41,17
I	19,73	23,24	21,49	43	56,1	46,78
I	18,95	23,61	20,63	40,1	56,9	46,06
I	19,53	24,54	22,54	35,2	53,1	46,08
II	18,71	26,67	22,54	27	43,1	46,08
II	19,65	23,52	21,82	24,6	41,5	27,47
II	22,31	27,01	23,59	28,9	75,7	32,68
III	20,17	23,26	21,9	26,5	41,5	31,07
III	18,4	23,43	21,69	35	44,2	37,96
IV	19,3	24,4	22,95	34,5	54,6	47,98
IV	19,81	24,79	22,53	34,2	48,2	45,62
IV	19,09	24,84	22,85	36,6	55,9	51,02
V	21,71	23,4	22,49	42,2	46,3	44,44
V	19,86	23,13	21,19	24,6	36,7	27,94
V	18,65	24,58	21,46	35,5	65	52,32
VI	21,31	23,8	22,59	42,3	49,7	44,57
VI	19,74	25,56	23,11	35,2	53,1	35,1
VI	14,11	24,52	22,17	33,2	76,3	40,32

Obr. 7: Vyhodnocení kontinuálního měření teploty vnitřního vzduchu θ_{ai} a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu φ_i

VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ V PŘEDEM URČENÝCH ČASOVÝCH INTERVALECH

dřevostavba	teplota (°C)								
	ložnice			dětský pokoj			koupelna		
	min	max	průměr	min	max	průměr	min	max	průměr
I	17	21,5	19,97	16,3	21,3	20,34	16,8	22,8	20,94
II	19,8	24	21,97	18,1	25,7	22,1	18,1	23,6	21,96
III	19,7	24,2	22,55	18,1	23,9	20,85	20,5	23,7	21,83
IV	17,5	22,4	20,09	19,5	23,1	21,29	19,2	22,8	21,18
V	18,1	21,2	19,96	19,1	22,4	20,77	19,4	21,9	20,49
VI	21,2	24	21,78	21,6	23,7	22,7	21,5	23,8	22,35
	vlhkost (%)								
	ložnice			dětský pokoj			koupelna		
	min	max	průměr	min	max	průměr	min	max	průměr
I	24,5	42,5	38,56	35,7	44,6	40,22	35,7	44,6	40,22
II	22,6	34,8	27,59	20,7	34,6	25,94	20,7	44,5	26,47
III	22	33,3	28,49	24,2	40,4	33,94	29	50	37,15
IV	45	60	53,03	48	56,9	52,81	42	68,9	55,06
V	38,2	59,7	48,31	40,4	57,1	48,76	47,2	59,2	51,8
VI	34,1	44	38,7	32,5	41,4	35,35	31,4	48,8	36,34

Obr. 8: Vyhodnocení měření v předem určených časových intervalech teploty vnitřního vzduchu θ_{ai} a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu φ_i

4 ZÁVĚR

Měřením teploty vnitřního vzduchu bylo zjištěno, že sledované dřevostavby, až na 2 výjimky viz obr.8 „Vyhodnocení měření v předem určených časových intervalech“, mírně překračují požadavky [2] a [1] v obývacím pokoji, ložnici a dětském pokoji. Závažnější však je zjištění, že v ani jednom případě nebylo dosaženo stabilních návrhových vnitřních teplot v zimním období v koupelnách dřevostaveb. Ze souhrnných tabulek je dále zřejmé, že ve všech sledovaných objektech byla ve všech měřených místnostech v průměru mírně navýšena teplota vnitřního vzduchu θ_{ai} (°C), než jak je definována návrhová vnitřní teplota v zimním období θ_i (°C) dle [1]. Zde se projevuje lidský faktor popsáný v [5]. Překvapivé je i zjištění, že v průměru sledovaná relativní vlhkost vnitřního vzduchu nedosahovala požadavků [7], [8] a [9]. Pro zimní období jsou však téměř všechny naměřené hodnoty v souladu s [10]. Nejhorší naměřené hodnoty relativní vlhkosti vnitřního vzduchu byly zjištěny u dřevostaveb II a III, viz dokladová část [5]. Pokud tento stav bude trvalý, je možné v budoucnu předpokládat zdravotní problémy obyvatel dřevostaveb II a III. Požadavkům dle [1] na relativní vlhkost vnitřního vzduchu ϕ_i (%) se nejvíce přibližuje dřevostavba IV a V, které také dosáhly klasifikačního ohodnocení B, tedy stavby úsporné. Prováděná měření poukázala na nedodržování hodnot dle [8]. Pro udržení stability vnitřního prostředí je nezbytné již v projektové přípravě dřevostaveb navrhovat zodpovědně skladbu konstrukcí tvořících obálku budovy, odpovídající regulační techniku (termostatické ventily, regulace vytápěcího systému) spolu s optimálním návrhem způsobu výměny vzduchu a udržení doporučených hodnot teploty vnitřního vzduchu a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu.

LITERATURA

- [1] ČSN 73 05 40 – 3 *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*, 2005.
- [2] ČSN EN 12 831 *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu*, 2005.
- [3] ČSN 73 05 50 *Stanovení tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí a budov, měření a kontrola tepelných ztrát budov*, prosinec 1994.
- [4] ČSN 73 05 40 – 1 *Tepelná ochrana budov část 1: terminologie*, červen 2005.
- [5] SVATOŠOVÁ, I.: *Disertační práce*, 2009.
- [6] MÁLEK, B., MATTHAUSEROVÁ, Z.: *Metodický návod pro měření mikroklimatických parametrů pracovního prostředí a vnitřního prostředí staveb*, Věstník ministerstva zdravotnictví ČR, ročník 2004, částka 11, Praha 2004, HEM-3444-12.2.04/4133.
- [7] ČSN 73 0540- 2 *Tepelná ochrana budov část 2: Požadavky*, 2002.
- [8] ČSN 73 0540- 2 *Tepelná ochrana budov část 2: Požadavky*, 2007.
- [9] ČSN 06 02 10 *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění*, 1994.
- [10] Vyhláška 6/2003 Sb. *Kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb*, Ministerstvo zdravotnictví ČR, prosinec 2002.

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Ing. Ján Takács, Ph.D., Katedra technických zariadení budov, Stavebná fakulta, Slovenská technická univerzita Bratislava.

Ing. Jakub Vrána, Ph.D., Ústav technických zařízení budov, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně.